



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY



INSTITUTO DE
INGENIERÍA
QUÍMICA



UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INSTITUTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

Marzo 2025

Producción de ácido sulfúrico a partir de gases residuales de pasteras

Proyecto de grado presentado a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad de la República para la obtención del título de
Ingeniería Química

Autores:

Martina Rial
Alejandra Ripoll
Pablo Montesano
Nicolas Airola
Agustina Montefiori

Tutores:

Nikolai Guchín
Mario Furest

Consultores Especialistas:

David Mardero
Francisco Casella

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto de fin de carrera aborda la viabilidad de producir ácido sulfúrico a partir de gases no condensables (GNC) provenientes de las plantas de celulosa en Uruguay, una iniciativa que responde a la creciente necesidad de optimizar los procesos industriales siguiendo una economía circular y mejorando la sustentabilidad ambiental de los mismos.

El estudio de mercado revela un contexto favorable para la producción de ácido sulfúrico, con una demanda sostenida impulsada tanto por el sector agrícola como por la propia industria de celulosa. Se analizan las dinámicas de oferta y demanda, la estructura del mercado y las variables estratégicas para la comercialización del producto. De este análisis se desprende la propuesta de valor la cual se centra en la reducción de costos de producción que supone para el cliente. A su vez, la propuesta refuerza el compromiso ambiental de la industria, ofreciendo una oportunidad para mejorar su imagen pública a través de una estrategia de economía circular. El modelo de negocio propuesto es la instalación de la planta bajo contrato con la planta de celulosa.

La estrategia de producción se centra en el método de contacto, específicamente el proceso WSA (Wet Sulfuric Acid), que permite la conversión eficiente de compuestos azufrados reducidos, presentes en los gases no condensables (GNC), en ácido sulfúrico de alta calidad. Se detallan los balances de masa y energía, la selección y dimensionamiento de los equipos clave, así como los servicios industriales necesarios para la operación de la planta.

El tamaño de la planta se determina en función de la materia prima disponible. La localización se analiza considerando factores clave, optando por la ubicación en las cercanías de la planta de celulosa UPM Paso de los Toros, donde la escala de producción es la máxima entre las plantas de celulosa instaladas en el país. De este modo, se facilita la integración con los procesos existentes y se reduce los costos de transporte.

A partir de balances de masa y energía, se estima una producción anual de 6.829 toneladas de ácido sulfúrico, suficiente para cubrir un 14% del consumo total de ácido de la planta de celulosa. Se supone que la producción de ácido sulfúrico a partir de GNC generaría un ahorro en el consumo de soda (NaOH) en la planta de celulosa, aproximadamente 5.775 toneladas anuales, lo que representaría un beneficio económico adicional y una reducción en los costos operativos de esta.

El análisis económico-financiero del proyecto revela resultados negativos, con indicadores de rentabilidad que no alcanzan los niveles esperados para ninguno de los dos escenarios de financiamiento considerados (capital propio y capital mixto). Esta situación se debe principalmente a los costos producción, que superan los ingresos generados por la venta de ácido sulfúrico y los ahorros en el consumo de soda.

En las conclusiones de la evaluación y discusión de resultados, se destaca la importancia de considerar la incertidumbre inherente a la fluctuación de los precios de los insumos y del

producto final. Asimismo, se subraya la necesidad de explorar alternativas estratégicas para la reducción de los costos de producción y la optimización del proceso productivo.

A pesar de los resultados económicos desfavorables, el proyecto exhibe beneficios económicos y logísticos para la planta de celulosa, ya que disminuye el transporte de soda y ácido sulfúrico a la planta; y ambientales dada la disminución de emisiones contaminantes asociadas al transporte. A su vez, al disminuir las emisiones a la atmósfera, la imagen pública de UPM Paso de los Toros puede beneficiarse.